

Implementasi Rangkaian Penghitung Kerapatan Fluks Neutron Terkoreksi N16 RSG-GAS Berbasis LABVIEW

Puji Siamatun, Arif Surtono & Edison

Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung
Jl. Soemantri Brojonegoro No. 1 Bandar Lampung
E-mail: pujisiam703@yahoo.com

Diterima (09 November 2015), direvisi (18 November 2015)

Abstract. The counting of the corrected N16 signal for detecting the reactivity a power reactor accident has been done. $\Phi_{N16-corr}$ signal calculation involves two measurement channels, namely detector of neutron flux density and the detector of gamma dose rate. The series of counters for $\Phi_{N16-corr}$ consists of trigger amplifier (K), integrator (I), and a summing element (S). The series of counter $\Phi_{N16-corr}$ simulated using LabVIEW program. Hysteresis value obtained is equal to 0.01 V, with a limit value of 0.94 V and the correction value = -9.4 mV/s. Corrected value of the difference between the N16 hardware modules installed with software is equal to 0.04898 V.

Keywords: Detector of neutron flux density, detector of gamma dose rate, LabVIEW, scram, N16 corrected signal ($\Phi_{N16-corr}$).

Abstrak. Telah dilakukan penghitungan sinyal N16 terkoreksi ($\Phi_{N16-corr}$) untuk mendeteksi kecelakaan reaktifitas daerah daya. Penghitungan sinyal $\Phi_{N16-corr}$ melibatkan dua kanal pengukuran, yaitu detektor kerapatan fluks neutron dan detektor laju dosis gamma. Rangkaian penghitung $\Phi_{N16-corr}$ terdiri dari *trigger amplifier* (K), *integrator* (I), dan *summing element* (S). Rangkaian penghitung $\Phi_{N16-corr}$ di simulasikan menggunakan program LabVIEW. Nilai histerisis yang didapatkan yaitu sebesar 0.01 V, dengan nilai batas 0.94 V dan nilai koreksi = -9.4 mV/s. Nilai selisih antara N16 terkoreksi modul perangkat keras terpasang dengan perangkat lunak adalah sebesar 0.04898 V.

Kata kunci : Detektor kerapatan fluks neutron, detektor laju dosis gamma, LabVIEW, scram, sinyal N16 terkoreksi ($\Phi_{N16-corr}$).

PENDAHULUAN

Teknologi nuklir adalah teknologi yang melibatkan reaksi inti atom. Teknologi nuklir dapat ditemukan dengan berbagai aplikasi, dari yang sederhana seperti detektor asap hingga sesuatu yang besar seperti reaktor nuklir. Reaktor nuklir adalah tempat terjadinya reaksi inti berantai terkendali, baik pembelahan inti (fisi) atau penggabungan inti (fusi) (Darwis, 2000).

Fungsi reaktor fisi dibedakan menjadi dua, yaitu reaktor penelitian dan reaktor daya. Reaktor penelitian utamanya menggunakan pemanfaatan neutron hasil pembelahan untuk berbagai penelitian dan iradiasi serta produksi radioisotope (Rohman, 2014).

Reaktor Serba Guna GA. Siwabessy (RSG-GAS) merupakan reaktor penelitian yang digunakan untuk penelitian, melayani kegiatan iradiasi, pendidikan, dan pelatihan. RSG-GAS dilengkapi dengan Sistem

Instrumentasi dan Kendali (I dan K) yang berfungsi untuk memantau dan mengendalikan variabel-variabel proses reaktor seperti : suhu, laju alir pendingin, level air kolam, periode reaktor, daya, dan lain sebagainya (Edison, 2015).

Daya yang dibangkitkan di teras reaktor berasal dari panas yang dihasilkan secara spontan dan tertunda, akibat dari reaksi fisi yang terjadi di teras reaktor. Sistem pengukuran daya di RSG-GAS dilakukan oleh instrumentasi pemantau pada sistem pembangkitan daya. Sistem pembangkitan daya di reaktor sebanding dengan jumlah dihasilkannya fluks neutron *thermal* (fisi) (Sulistiono, 2012).

Jika terjadi kegagalan pada sistem, struktur atau komponen atau terjadi kesalahan dalam pengoperasian, bagian dari sistem I dan K yang disebut Sistem Proteksi Reaktor (SPR) akan melakukan tindakan protektif untuk mencegah reaktor melampaui batas keselamatannya atau mengurangi dampak yang ditimbulkan oleh kecelakaan. Salah satu variabel proses pendeteksi kecelakaan yang dihasilkan melalui pemrosesan nilai-nilai *output* kanal pengukuran adalah kerapatan fluks neutron terkoreksi N-16 yang diproses oleh tiga rangkaian penghitung redundan JRE10 FX801, JRF10 FX801 dan JRG10 FX801. Nilai yang dihasilkan tiga rangkaian penghitung ini menunjukkan besarnya daya reaktor yang cepat dan akurat sehingga digunakan SPR sebagai variabel inisiasi *scram* jika nilainya melebihi 109 % daya nominal (Edison, 2015).

Dalam rangka rencana penggantian SPR, *International Atomic Energy Agency* (IAEA) merekomendasikan agar PRSG membuat simulator terlebih dahulu untuk menjamin bahwa kinerja SPR pengganti memenuhi kinerja SPR terpasang. Dalam tulisan ini akan dibahas mengenai aplikasi program LabVIEW dalam pembuatan salah satu simulator, yaitu rangkaian penghitung kerapatan fluks neutron terkoreksi N-16.

LabVIEW adalah sebuah *software* pemrograman yang diproduksi oleh National *instruments* dengan konsep yang berbeda. LabVIEW menggunakan bahasa pemrograman berbasis grafis atau blok diagram sementara bahasa pemrograman lainnya menggunakan basis *text* (Halvorsen, 2012).

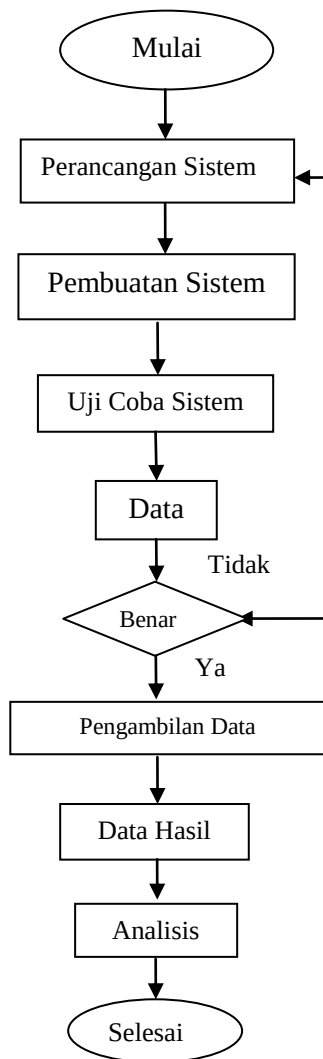
Perhitungan yang dilakukan terhadap input dari data kerapatan fluks neutron daerah daya dan laju dosis Gamma N-16 dalam sistem pendingin primer dilakukan secara digital melalui fungsi-fungsi matematika yang disediakan program aplikasi LabVIEW. Perbaikan, dan pengaturan nilai konstanta dilakukan bersamaan dengan eksekusi program agar dapat diperoleh kinerja simulator yang sedekat mungkin dengan desain rangkaian penghitung *real* terpasang.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan yang dilakukan. Prosedur yang dilakukan adalah perancangan sistem, realisasi sistem, pengujian sistem dan data. **Gambar 1** merupakan tahapan yang dilakukan pada penelitian ini.

Perancangan Sistem

Perancangan alat ini meliputi perancangan perangkat keras dan perangkat lunak. Alat dirancang untuk merubah keluaran distributor pasif dari RPS menjadi aktif yang didistribusikan ke dalam perangkat PLC S7-300 yang akan digunakan. Bagan sistem monitoring dapat dilihat pada **Gambar 2**.



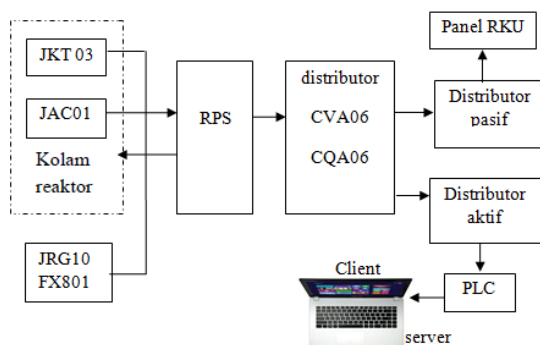
Gambar 1. Diagram alir penelitian

Tabel 1. Pengubahan pengkabelan

Sistem	Alamat Awal	Perubahan Alamat
JKT03 CX811	CVA06 AA001 18(-)17 (+)	CVA06 BA010 18(-) 17(+)
JKT03 CX821	CVA06 AA002 26(-)25 (+)	CVA06 BA011 26(-) 25(+)
JKT03 CX831	CVA06 AA003 18(-)17 (+)	CVA06 BA012 18(-) 17(+)
JKT03 CX841	CVA06 AA003 20(-) 19(+)	CVA06 BA012 20(-) 19(+)
JAC01 CR811	CVA06 AA008 5(-) 6 (+)	CVA06 BA008 5(-) 6 (+)
JAC01 CR821	CVA06 AA006 21(-)22 (+)	CVA06 BA009 21(-) 22(+)
JAC01 CR831	CVA06 AA005 13(-) 14(+)	CVA06 BA009 13(-) 14(+)
JRE10 FX801	CVA06 AA008 7(-) 8 (+)	CVA06 BA008 7 (-) 8(+)

Pada tahap perancangan sistem perangkat keras dilakukan pemotongan dan pemindahan titik jalur pengkabelan di kabinet CVA06 untuk pengambilan data pengukuran daya. **Tabel 1** adalah tabel pengubahan posisi pengkabelan di kabinet CVA06.

Sebelum dilakukan pengukuran secara langsung maka dilakukan pengujian pembacaan dari perangkat lunak OPC Server dengan memberikan masukan sinyal arus sebesar 0-20 mA menggunakan sumber arus. Hasil pembacaan OPC server dengan sumber arus 0-20 mA ditunjukkan pada **Tabel 2**.



Gambar 2. Rancangan sistem monitoring

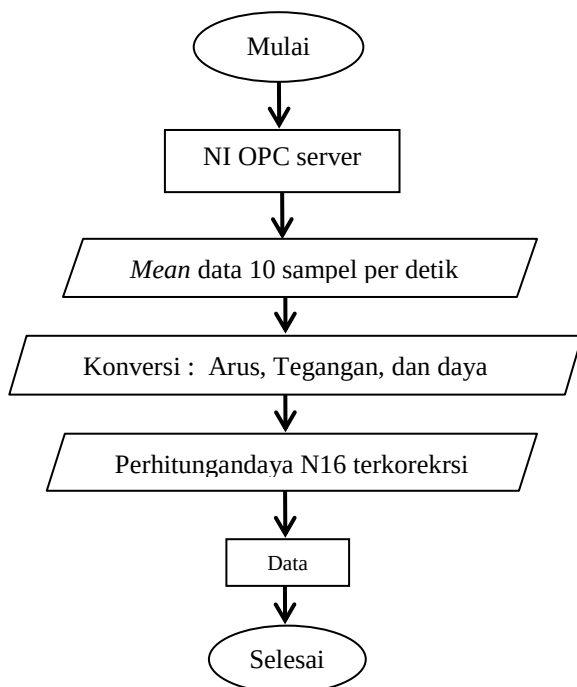
Tabel 2. Hasil pembacaan OPC Server

Arus [mA]	Tampilan OPC [Skala PLC]
0	10
1	1383
2	2764
4	5520
5	6909
6	8298
7	9677
8	11058
9	12447
10	13826
14	19352
15	20736
18	24887
19	26268
20	27645

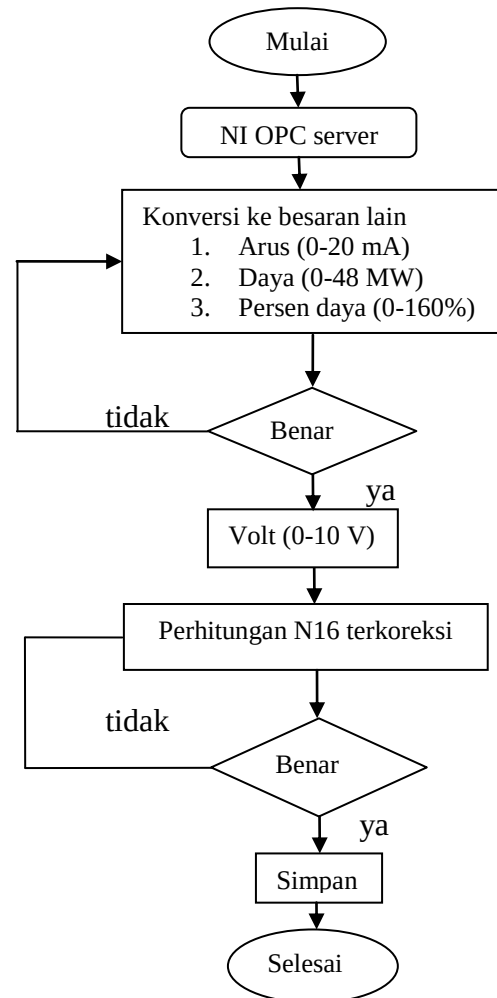
Pembuatan Sistem Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak ini menggunakan program virtual instrument LabVIEW. Data pengukuran yang dihasilkan kanal pengukuran daya JKT03 dan JAC01. **Gambar 3** merupakan diagram alir mewakili penjelasan dari proses pengolahan data.

Proses pengolahan data dimulai dengan mengkonversi nilai keluaran dari pengukuran daya detektor ke distributor aktif dengan keluaran menjadi 0-20 mA. Hasil perekaman data ditampilkan kembali dalam bentuk *chart* dan numerik agar pengguna dapat memantau hasil pengukurannya. Dari hasil data yang terekam dilakukan perhitungan matematis daya N16 terkoreksi, persamaan matematis yang dibuat dimasukan dalam program LabVIEW, sehingga didapatkan hasil akhir daya N16 terkoreksi yang dilanjutkan dengan uji coba sistem.



Gambar 3. Diagram Alir Pengolahan Data



Gambar 4. Bagan uji coba sistem

Hasil data yang terbaca merupakan nilai dari perhitungan N16. Pengujian sistem dapat dilihat pada blok diagram **Gambar 4**.

Data yang dihasilkan dari proses akuisisi data adalah berupa data pengukuran daya dari kanal pengukuran kerapatan fluks neutron JKT03 dan laju dosis gamma JAC01 yang dikonversikan nilai tegangan. Hasil ini kemudian diolah kembali untuk dilakukan perhitungan N16 terkoreksi sebagai hasil akhir pengukuran daya sebenarnya menggunakan perangkat lunak LabVIEW 2014.

Analisis dilakukan untuk menentukan nilai daya di kolam reaktor dengan menggunakan LabVIEW untuk mendapatkan data pengukuran daya N16 terkoreksi dari detektor laju dosis gamma JAC01 CR831 dan detektor kerapatan fluks neutron JKT03 CX831. Nilai daya yang didapat dari masing-masing detektor digunakan sebagai data primer untuk perhitungan N16 terkoreksi seperti yang digambarkan pada deskripsi matematik perhitungan N16 terkoreksi **Gambar 5**.

Penghitungan N16 terkoreksi menggunakan persamaan bawah ini,

$$U\phi_{N16-corr} = U\phi + U_{XN} \quad (1)$$

$$U_{XN} = \frac{1}{T} \int \Delta U dt \quad (2)$$

Karena ΔU bernilai konstan maka,

$$U_{XN} = \frac{\Delta U \cdot t}{T} \quad (3)$$

$$U\phi_{N16-corr} = U\phi + \frac{\Delta U \cdot t}{T} \quad (4)$$

di mana,

$U\phi_{N16-corr}$ = tegangan N16 terkoreksi (V);

T = waktu konstan (s);

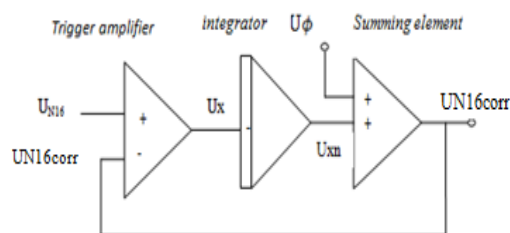
U_{XN} = tegangan keluaran dari generator (V);

$U\phi$ = tegangan kerapatan fluks neutron (V);

t = waktu (s); dan

ΔU = tegangan konstan (volt)

(Inter Atom, 1989).



Gambar 5. Rangkaian N16 terkoreksi (Inter Atom, 1989)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kalibrasi Nilai Keluaran Ni OPC

Hasil pengukuran dari PLC yang kemudian dihubungkan dengan kabel LAN ke server NI OPC sebagai nilai terbaca. **Tabel 3** merupakan hasil nilai yang terbaca NIOPC.

Pengujian dengan Sinyal Uji

Pengujian sinyal uji (step) digunakan untuk melihat kesesuaian kerja rangkaian penghitung dalam merespon sinyal uji berupa sinyal ramp. Pengujian ini dilakukan dengan memberikan sinyal step dari salah satu modul perangkat keras N16 terkoreksi berdasarkan hasil komisioning awal reaktor dioperasikan JRE01 FX801. **Tabel 4** adalah pola sinyal step JRE10 FX801.

Pengujian sinyal uji ramp didapatkan grafik seperti **Gambar 6**.

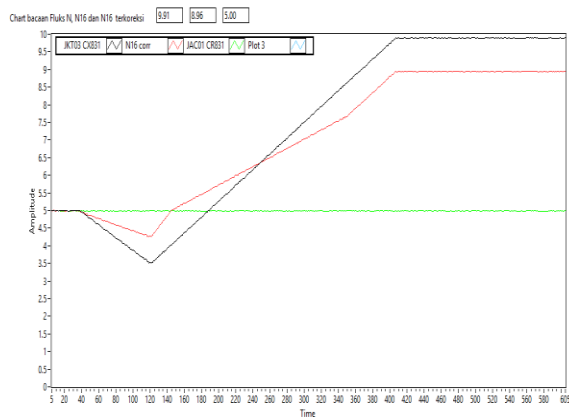
Tabel 3. Hasil pengukuran dengan simulasi sumber arus

Sumber Arus	0 mA	10 mA	20 mA
Kanal	NI OPC (skala PLC)		
JKT03 CX 811	7	13835	27657
JKT03 CX 821	13	13821	27650
JKT03 CX 831	19	13846	27681
JKT03 CX 841	9	13816	27629
JAC01 CX 811	15	13845	27673
JAC01 CX 821	22	13831	27659
JAC01 CX 831	26	13827	27651
JRG10 FX 801	3	13800	27623

Tabel 4. Pola sinyal ramp JRE10 FX801

No	Jumlah titik	Nilai Tegangan (V)	Laju Ramp (mV/s)
1	40,00	5,00	0,00
2	83,00	5,00	-18,10
3	286,00	3,50	22,40
4	270,00	9,90	0,00

Puji dkk : Implementasi Rangkaian Penghitung Kerapatan Fluks Neutron Terkoreksi N16 RSG-GAS Berbasis LabVIEW



Gambar 6. Grafik pengukuran N16 terkoreksi dengan sinyal uji (perangkat lunak)

Pengujian Sinyal Real

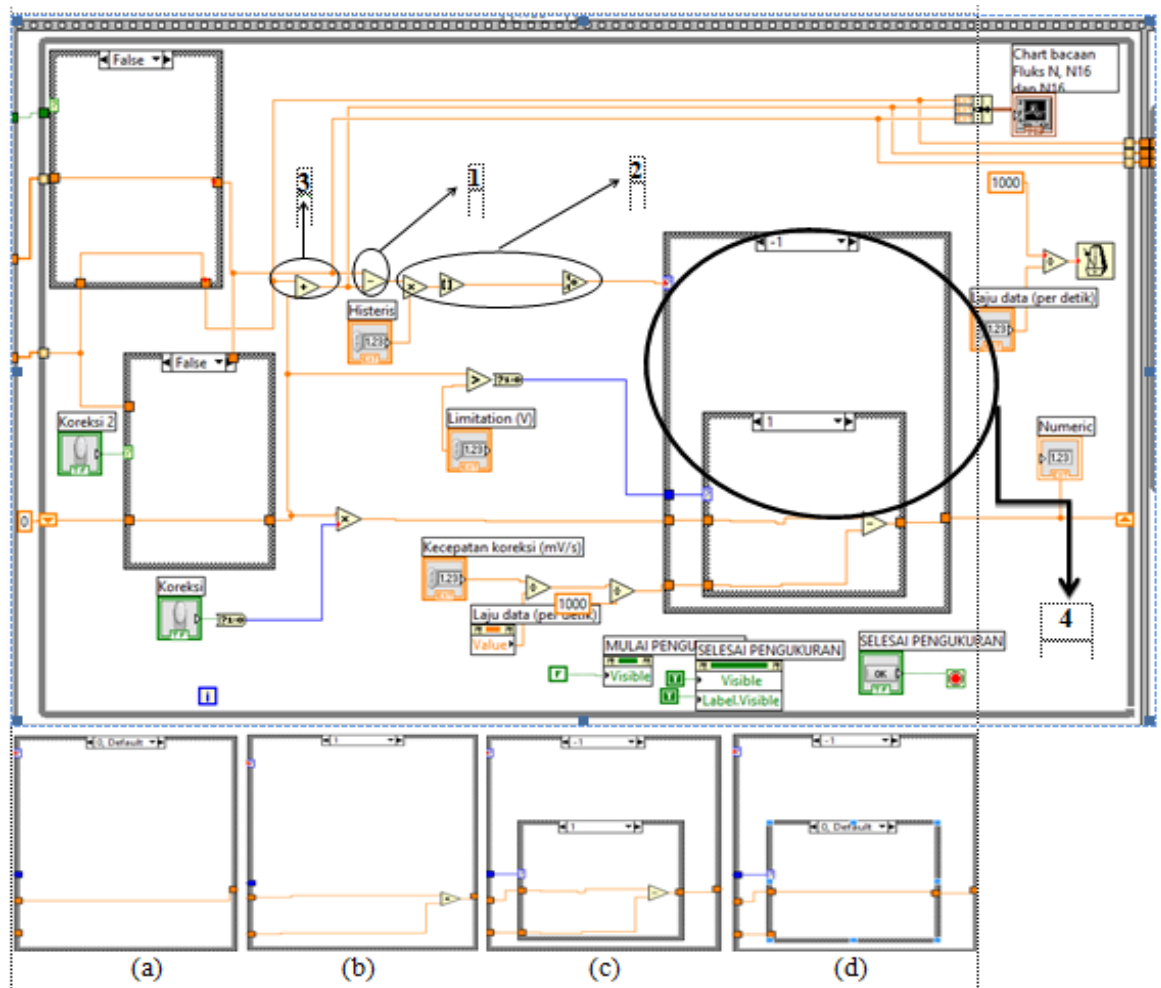


Gambar 7. Tampilan rangkaian penghitung N16 $\phi_{N16-corr}$

Histerisis $\pm H$ pada program perangkat lunak yang dibuat yaitu sebesar 0,01 V sehingga ketika nilai trigger amplifier $U_{xn} > \pm H$ atau $U_x < \pm H$ maka berlaku *case structure* (4 perlakuan). Pada **Gambar 8** blok diagram rangkaian penghitung N16 terkoreksi, prinsip kerja dari blok diagram ini menggunakan prinsip kerja dari modul perangkat keras JRG10 FX801. *Trigger amplifier*, adalah proses perbandingan selisih nilai antara N16 dengan N16 terkoreksi, hasil dari selisih keduanya dilanjutkan dengan proses

integrator yaitu proses pengintegralan nilai dari hasil *trigger amplifier*. Hasil *integrator* akan melewati beberapa syarat *case structure*. Rangkaian penghitung ini diseting dengan tiga case, nilai batas 0.94 V. Sedangkan untuk nilai koreksi sebesar -0.94 mV/s. Nilai koreksi (c), adalah nilai selisih N16 dengan N_0 , ketika nilai N16 konstan atau N_0 konstan. *Case structure* (a), ketika selisih UN16 dengan U_a sama dengan 0 atau kurang dari nilai mutlak H, maka besar UN16 terkoreksi sama dengan UN16. *Case structure* (b), ketika selisih N16 dengan N16 terkoreksi lebih besar dari H, maka nilai $U\phi_{N16-corr}$ ditambah dengan koreksi (c). *Case structure* (c), ketika selisih N16 dengan N16 terkoreksi lebih besar dari $(-H)$, maka besar UN16 terkoreksi (U_a) akan dikurangi dengan nilai koreksi (c) sebesar 0.000094 volt. *Case structure* (c1), ketika selisih N16 dengan N16 terkoreksi sama dengan $(-H)$, maka besar nilai UN16 terkoreksi sama dengan nilai $U\phi_{N16-corr}$ itu sendiri.

Tabel 5 adalah hasil data yang tersimpan dari pengukuran perangkat lunak yang telah dibuat ini sesuai dengan tabel maintenance reaktor. Ketika tegangan yang dihasilkan sebesar 13.18607 volt, maka akan sebanding dengan nilai persen daya 52, 744247 % dari maksimal 160 %. Penyimpanan data dilakukan setiap 1 detik per data. Dilihat dari hasil pengukuran JAC01 CX831 sebagai hasil dari kanal yang terukur nilai detektor gamma lebih rendah dibanding detektor JKT03 CX831, hal ini dikarenakan detektor gamma akan bekerja setelah neutron berinteraksi dengan air dan dihasilkan N16. Ketika N16 mengalami peluruhan maka tercipta gamma. Waktu yang dibutuhkan N16 saat peluruhan yang menyebabkan detektor gamma bekerja lebih lambat dibanding detektor fluks neutron.



Gambar 8. Blok diagram rangkaian penghitung N16 terkoreksi

Keterangan : 1. *Trigger amplifier*

2. *Integrator*

3. *Summing element*

4. *Case structure, (a) $(UN16 - U_a) \leq |H|$; (b) $(UN16 - U_a) > H$;*

(c) $(UN16 - U_a) > -H$; dan (d) $(UN16 - U_a) = -H$

Tabel 5. Hasil pengukuran JAC01 CR831 dan JKT03 CX831

NO	Waktu	Detektor kerapatan fluks neutron (JKT03 CX831)			Detektor laju dosis gamma (JAC01 CR831)		
		Tegangan (V)	Persentase (%)	Daya (MW)	Tegangan (V)	Persentase (%)	Daya (MW)
1	15:46:02	13.1919	52.767593	15.830278	12.20655	48.826215	14.647865
2	15:46:03	13.19392	52.775694	15.832708	12.21942	48.877662	14.663299
3	15:46:04	13.19559	52.78235	15.834705	12.19575	48.782986	14.634896
4	15:46:05	13.19569	52.782755	15.834826	12.19116	48.764641	14.629392
5	15:46:06	13.19536	52.781424	15.834427	12.19873	48.794907	14.638472
6	15:46:07	13.19376	52.775058	15.832517	12.21713	48.868519	14.660556
7	15:46:08	13.19193	52.767708	15.830313	12.23511	48.940451	14.682135
8	15:46:09	13.19185	52.767419	15.830226	12.23992	48.959664	14.687899
9	15:46:10	13.18861	52.754456	15.826337	12.22034	48.881366	14.66441
10	15:46:11	13.18607	52.744271	15.823281	12.20828	48.833102	14.649931

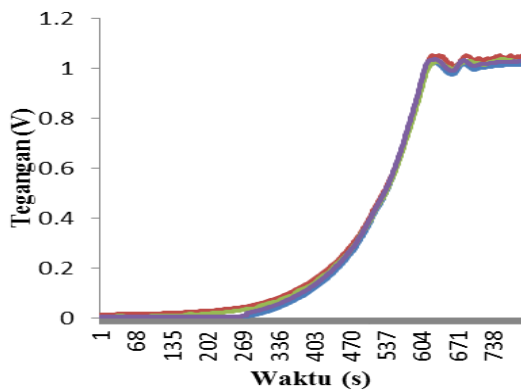
Selisih antara kedua detektor JKT03 CX831 dan JAC01 CR831 sebesar 0,097208 volt. Nilai ini merupakan hasil rata-rata selisih dari 10 sampel data terbaca pada waktu yang sama seperti ditunjukkan **Tabel 5**.

Nilai pengukuran daya detektor kerapatan fluks neutron JKT03 CX831 lebih cepat naik dibandingkan pengukuran daya laju dosis gamma JAC01 CR831. Saat pengukuran di pukul 10:41:45 kanal daya JKT03 CX831 menunjukkan nilai sebesar 2.357708 MW sedang JAC01 CR831 sebesar 2.258038 MW, 5 detik kemudian daya JAC01 CR831 sudah mencapai 2.465955 MW dan detektor kerapatan fluks neutron dengan nilai 2.378229 MW. Tepat pukul 10:42:46 kanal pengukuran daya JKT03 CX831 menunjukkan pengukuran nilai daya yang lebih besar dibanding JAC01 CR831 yaitu, 4.002344, sedang JAC01 CR831 terpaut selisih 0,01158 MW lebih rendah yaitu, 3.990764. Dari hasil tersebut agar didapatkan nilai daya kenaikan daya yang cepat dan akurat, dilakukan pengukuran daya modul N16 terkoreksi JRG10 FX801. Hasil pengukuran daya N16terkoreksi pukul 10:41:45 sebesar 2.280139 MW, untuk 5 detik setelahnya daya sudah mencapai 2.36809 MW. Jika dimasukkan ke dalam persamaan rangkaian penghitung N16 terkoreksi, saat nilai N16 terkoreksi lebih kecil dibanding N16 dan melebihi histerisis maka gunakan *case structure* (a). Hasil pengukuran dapat di lihat pada **Tabel 6**.

Tabel 6. Data pengukuran JRG10 FX801, JAC01 CR831, JKT03 CX831

No	Waktu	JAC01 CR831 (MW)	JKT03 CX831 (MW)	JRG10 FX801 (MW)
1	10:41:45	2.357708	2.258038	2.280139
2	10:41:46	2.373229	2.277604	2.296753
3	10:41:47	2.398437	2.297309	2.312274
4	10:41:48	2.416458	2.317604	2.329497
5	10:41:49	2.436076	2.337951	2.348038
6	10:41:50	2.452552	2.35816	2.36809
7	10:41:51	2.465955	2.378229	2.388021
8	10:42:09	2.868316	2.811406	2.794792
9	10:42:10	2.894115	2.840139	2.822986
10	10:42:11	2.917691	2.869583	2.851806
11	10:42:12	2.952118	2.898299	2.880503
12	10:42:13	2.973906	2.926979	2.908472
13	10:42:14	2.998212	2.95526	2.934045
14	10:42:15	3.021389	2.98375	2.959774
15	10:42:16	3.055122	3.012465	2.987361
16	10:42:17	3.079740	3.04224	3.016962
17	10:42:32	3.528021	3.522101	3.469705
18	10:42:33	3.560799	3.556094	3.499844
19	10:42:41	3.836233	3.829444	3.758056
20	10:42:42	3.867865	3.863125	3.791128
21	10:42:43	3.90474	3.896667	3.825486
22	10:42:44	3.935712	3.931128	3.861806
23	10:42:45	3.961719	3.966406	3.896198
24	10:42:46	3.990764	4.002344	3.931215
25	10:42:47	4.035000	4.037951	3.966250
26	10:42:48	4.067413	4.073715	4.001875
27	10:42:49	4.104826	4.109931	4.037517
28	10:42:50	4.134809	4.14599	4.072309
29	10:42:51	4.167378	4.181667	4.107431
30	10:42:52	4.200399	4.218281	4.14191

Perbandingkan nilai N16 terkoreksi yang berasal dari perangkat lunak yang dibuat, maka dilakukan juga pengambilan data untuk N16 koreksi dengan waktu yang bersamaan sehingga dapat dilihat perbedaannya dapat dilihat **Gambar 9**.

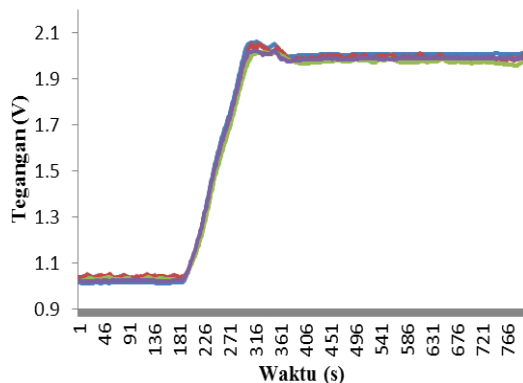


Gambar 9. Grafik hasil pengukuran 0-5 MW (0-1,02 V)

Keterangan : Biru (JKT03 CX831), merah (N16 terkoreksi (sofwere)), hijau (JAC01 CR831), dan ungu (JRG10 FX801)

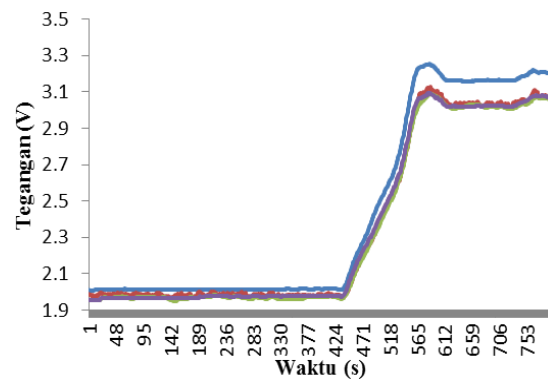
Didapatkan nilai selisih dari hasil perhitungan N16 terkoreksi instrumentasi maya dan modul N16 terkoreksi JRG10 FX801 dengan 742 sampel data. Nilai silisih antara N16 terkoreksi modul perangkat keras terpasang dengan instrumentasi maya yang dikembangkan adalah sebesar 0.04898 V.

Perbandingan antara nilai N16 terkoreksi dengan modul JRG10 FX801 dapat dilihat pada saat daya dinaikkan menjadi 5-10 MW pada gambar 43 dan untuk kenaikan daya dari 10-15 MW **Gambar 10.**



Gambar 10. Grafik hasil pengukuran 5-10 MW (1-2 volt)

Keterangan : Biru (JKT03 CX831), merah (N16 terkoreksi (sofwere)), hijau (JAC01 CR831), dan ungu (JRG10 FX801)



Gambar 11. Grafik hasil pengukuran 10-15 MW (2-3,3 V)

Keterangan : Biru (JKT03 CX831), merah (N16 terkoreksi (sofwere)), hijau (JAC01 CR831), dan ungu (JRG10 FX801)

Nilai daya dari hasil rangkaian penghitung N16 terkoreksi perangkat lunak lihat **Gambar 11** Grafik hasil pengukuran 10-15 MW (2-3,3 V). Kenaikan daya mendekati nilai daya JAC01 CR831, namun ketika sudah berada dalam keadaan stabil nilai daya ketiganya hampir sama, baik JAC01 CR831 dengan JKT03 CX831 maupun detektor kerapatan fluks neutron dengan nilai N16 terkoreksi.

Pengujian Data Secara Offline

Pengujian ini dilakukan untuk menampilkan ulang hasil data yang sudah tersimpan dari pengukuran secara real time. Program yang dibuat pada tahap ini yaitu dengan membuat program untuk membaca ulang data yang tersimpan, disini digunakan data yang tersimpan dalam bentuk text dan dikeluarkan kembali dalam tampilan grafik.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil data dan pembahasan yang telah dilakukan didapatkan beberapa kesimpulan program penghitung N16 terkoreksi bekerja dengan baik, dari data perhitungan N16 terkoreksi modul JRG10 FX801 terpasang lebih rendah dari hasil implementasi N16 terkoreksi yang

dikembangkan (*software*) pada saat reaktor dalam keadaan tidak stabil. Data menunjukkan bahwa nilai pengukuran daya detektor kerapatan fluks neutron JKT03 CX831 lebih cepat naik dibandingkan pengukuran daya laju dosis gamma JAC01 CR831. Dikarenakan detektor gamma memiliki waktu tunda pada saat N16 mengalami peluruhan. Nilai silisih antara N16 terkoreksi modul perangkat keras terpasang dengan instrumentasi maya yang dikembangkan adalah sebesar 0.04898 V.

Penelitian mengenai implementasi rangkaian penghitung N16 terkoreksi menggunakan program LabVIEW didapati beberapa kendala dan kekurangan maka disarankan, program penghitung N16 terkoreksi dibuat dalam sistem web server dengan tujuan memudahkan pengguna dalam membaca nilai daya yang dihasilkan di kolam reaktor. Buat untuk semua kanal pengukuran kerapatan fluks neutron terkoreksi N16 yaitu untuk modul JRE10 FX801 dan JRF10 FX801 agar didapat nilai rata-rata dari setiap modul perangkat keras.

DAFTAR PUSTAKA

Darwis, MohIsnaeni. 2000. Kalibrasi Daya Reaktor dan Pengaturan Kanal Pengukuran Fluks Neutron RSG-GAS. Diklat Selingkung ManajemenTeras RSG-GAS. Jakarta.

Edison. 2015. Diklat. Sistem Reaktor. Pelatihan Penyegaran Operator Dan Supervisor Reaktor Rsg-Gas. PRSG Pusat Pendidikan dan Pelatihan. BATAN : Serpong.

Halvorsen, Hans-Petter. 2012. *OPC and Real-Time Systems in LabVIEW*. Department of Electrical Engineering, Information Technology and Cybernetics, Telemark University College. Norwegia.

Inter Atom, 1989. *Reactor Protection System, Maintenance Protection Reactor* (MPR). Rev.7 Vol 3. PRSG GAS BATAN : Serpong.

Rohman, Budi. 2014. Prinsip Reaktor Nuklir. Basic Professional Training Course on Nuclear Safety (BPTC) Bidang Instalasi Nuklir Balai Pendidikan dan Pelatihan. BATAN : Serpong.

Sulistiyono. 2012. *Pelatihan Teknisi dan Supervisor Perawatan Sistem Reaktor RSG-GAS*. Laporan Akhir Kerja (LAK) Rev.12. PRSG Pusat Pendidikan dan Pelatihan. BATAN : Serpong.